

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-220564

[ST.10/C]:

[JP2002-220564]

出 願 人

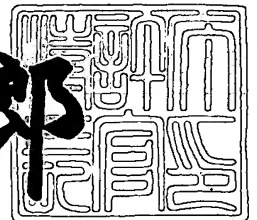
Applicant(s):

豊田合成株式会社

2003年 4月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3030050

【書類名】 特許願

【整理番号】 P02059TG

【提出日】 平成14年 7月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内

【氏名】 安藤 雅信

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087723

【弁理士】

【氏名又は名称】 藤谷 修

【電話番号】 052-363-2558

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 007445

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9005344

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶成長基板及び半導体発光素子の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体の結晶成長基板として可用なサファイア基板の製造方法であって、
サファイア (Al_2O_3) よりもエッチングされ易い種基板のサファイア成長面に凹凸を設けて所望の形状に成形する種基板成形工程と、

前記種基板の前記サファイア成長面にサファイアを結晶成長させるサファイア基板成長工程と、

前記サファイア基板成長工程により形成されたサファイア基板から前記種基板を選択的に除去する種基板除去工程と

を有する

ことを特徴とする結晶成長基板の製造方法。

【請求項 2】

前記種基板の材料として、シリコン (Si) 又は砒化ガリウム (GaAs) を用いる

ことを特徴とする請求項 1 に記載の結晶成長基板の製造方法。

【請求項 3】

前記種基板除去工程において、化学的なエッチング処理を実施することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の結晶成長基板の製造方法。

【請求項 4】

前記サファイア基板成長工程により形成された前記サファイア基板を約 $1000^{\circ}C$ 以上で高温処理することにより、前記サファイア基板を γ 相から α 相に相転移させる相転移工程を有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の結晶成長基板の製造方法。

【請求項 5】

前記種基板成形工程において、前記種基板の前記サファイア成長面に設ける前記凹凸の形状を略球形の一部分の形状を有する窪みを用いて形成する

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項に記載の結晶成長基板の製造方法。

【請求項 6】

前記種基板成形工程において、前記種基板の前記サファイア成長面に窪みを周期的に 2 次元配置して形成する

ことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 の何れか 1 項に記載の結晶成長基板の製造方法。

【請求項 7】

サファイア基板上に半導体を結晶成長により積層することにより形成される、面発光する半導体発光素子の製造方法であって、

請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載の結晶成長基板の製造方法における、前記サファイア基板成長工程と前記種基板除去工程との間に、所望の半導体層を前記サファイア基板上に結晶成長させる半導体結晶成長工程を設けたことを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項 8】

前記半導体結晶成長工程と前記種基板除去工程との間に、電極形成工程を設けた

ことを特徴とする請求項 7 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 9】

不純物が添加されているか又は無添加の、主成分が「 $\text{Al}_x \text{Ga}_y \text{In}_{1-x-y} \text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$)」である III 族窒化物系化合物半導体より、前記半導体層を形成する

ことを特徴とする請求項 7 又は請求項 8 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 10】

サファイア基板上に半導体を結晶成長により積層することにより形成される、面発光する半導体発光素子であって、

請求項 7 乃至請求項 9 の何れか 1 項に記載の半導体発光素子の製造方法によって製造されることにより、

前記サファイア基板の裏面（光り取り出し面）が、前記種基板のサファイア成

長面に設けられた前記凹凸の形状を鋳型とした逆形状に形成されていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 1 1】

半導体の結晶成長基板として可用なサファイア基板であって、
請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載の結晶成長基板の製造方法によって製造されることにより、

前記サファイア基板の裏面が、前記種基板のサファイア成長面に設けられた前記凹凸の形状を鋳型とした逆形状に形成されていることを特徴とするサファイア基板。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結晶成長基板及び半導体発光素子の製造方法に関する。

本発明は、サファイア基板上に半導体を結晶成長により積層することにより形成される、面発光する半導体発光素子の製造に特に有用である。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

サファイア基板上に形成された従来の半導体発光素子の結晶成長基板においては、基板上面、基板下面は、共に鏡面レベルの平坦度を有しており、かつ、外力や温度変化に対する耐久性を与えて製造工程を安定させるために、ある程度の厚さが必要とされる。現状では、厚さ 1 0 0 μ m 以上のサファイア基板を用いて、結晶成長工程やそれ以降の工程が行われている。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、半導体発光素子の結晶成長基板として、厚さ 1 0 0 μ m 以上のサファイア基板を用いた場合、以下の様な問題が発生する。

(問題点 1) サファイア基板を分離する分離工程の実施条件としては、サファイア基板の厚さは、1 0 0 μ m よりも十分に薄くなければならない。このため、サファイア基板を分離する分離工程の実施前に、サファイア基板を薄くする工程（

研磨工程)を実施する必要がある、この研磨工程の介入に伴って、品質、歩留り、生産効率等が落ちることがある。

【0004】

例えば、この研磨工程において、研磨状態が荒くなると、この研磨面における光損失が生じ、半導体発光素子の外部量子効率が低下する。また逆に、この研磨工程において、研磨状態を十分にきめ細かくするためには、生産コストが掛かる。

【0005】

(問題点2) また、サファイア基板は非常に固く、研削等の加工処理が容易でないため、結晶成長面の裏側に位置する研磨面(裏面)への光取り出し効率(即ち、半導体発光素子の外部量子効率)や集光性や指向性等を向上させるための、裏面の形状加工は極めて難しい。

【0006】

本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、半導体の結晶成長基板(サファイア基板)の裏面形状に関する新しい成形技術により、半導体発光素子の外部量子効率や集光性や指向性等を向上させることである。

【0007】

【課題を解決するための手段、並びに、作用及び発明の効果】

上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。

即ち、本発明の第1の手段は、半導体の結晶成長基板として可用なサファイア基板の製造工程において、サファイア(Al_2O_3)よりもエッチングされ易い種基板のサファイア成長面に凹凸を設けて所望の形状に成形する種基板成形工程と、種基板のサファイア成長面にサファイアを結晶成長させるサファイア基板成長工程と、サファイア基板成長工程により形成されたサファイア基板から種基板を選択的に除去する種基板除去工程とを設けることである。

【0008】

サファイア(Al_2O_3)よりもエッチングされ易い上記の種基板は、表面加工が容易なので、任意の表面形状を実現できる。そこで、この様な種基板を鋳型

とすれば、後からそこに結晶成長されたサファイア薄膜層も、この種基板とは凹凸が逆になるものの、同様に任意形状にできる。

【 0 0 0 9 】

したがって、例えば、サファイア基板の裏面にマイクロレンズ状の凸部を多数配列する等の成形処理が容易にできる。即ち、上記の方法に従えば、サファイア基板の裏面形状を好適或いは所望の形状に加工できるので、このサファイア基板を用いれば、半導体発光素子の外部量子効率や集光性や指向性等を向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

また、本発明の第 2 の手段は、上記の第 1 の手段において、種基板の材料として、シリコン (S i) 又は砒化ガリウム (G a A s) を用いることである。

これらの材料は、微細加工が比較的容易で、かつ、サファイア ($A l_2 O_3$) よりもエッチングされ易い。したがって、容易に上記の製造工程を実施することができる。

【 0 0 1 1 】

また、本発明の第 3 の手段は、上記の第 1 又は第 2 の手段の種基板除去工程において、化学的なエッチング処理を実施することである。

この種基板除去工程のシリコン基板等の除去方法は任意で良く、例えば、結晶成長面における熱膨張係数の差異に基づく応力を利用して、上記の種基板 2 0 0 を剥離させることにより除去しても良いが、窒化物半導体や電極などが殆ど侵食されない化学的なエッチング方法 (選択エッチング) を採用することにより、より高精度の選択エッチングを実施できる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の第 4 の手段は、上記の第 1 乃至第 3 の何れか 1 つの手段において、サファイア基板成長工程により形成されたサファイア基板を約 1 0 0 0 °C 以上で高温処理することにより、サファイア基板を γ 相から α 相に相転移させる相転移工程を設けることである。

【 0 0 1 3 】

この様な手段により、種基板上に成長させるサファイア基板は、成長時には γ

相でも良くなる。このため、サファイア基板を結晶成長させる際に、幅広い結晶成長法の中から、都合の良い任意の結晶成長法を選択することが可能となる。

【0014】

また、本発明の第5の手段は、上記の第1乃至第4の何れか1つの手段の種基板成形工程において、種基板のサファイア成長面に設ける凹凸の形状を、略球形の一部分の形状を有する窪みを用いて形成することである。

この様な手段により、サファイア基板の裏面（光り取りだし面）にマイクロレンズ状の凸部を設けることが可能となる。

【0015】

また、本発明の第6の手段は、上記の第1乃至第5の何れか1つの手段の種基板成形工程において、種基板のサファイア成長面に窪みを周期的に2次元配置して形成することである。

【0016】

この様な手段により、サファイア基板の裏面（光り取りだし面）にマイクロレンズ状の凸部を効率よく配置することができる。この配置方法は、正方形や正三角形等を基調とする配列方法に限らず、任意の配置方法を採用して良い。

【0017】

また、本発明の第7の手段は、サファイア基板上に半導体を結晶成長により積層することにより形成される、面発光する半導体発光素子の製造工程において、請求項1乃至請求項6の何れか1項に記載の結晶成長基板の製造方法における、サファイア基板成長工程と種基板除去工程との間に、所望の半導体層をサファイア基板上に結晶成長させる半導体結晶成長工程を設けることである。

【0018】

この様な手段によれば、所望の半導体層をサファイア基板上に結晶成長させた状態で種基板除去工程が実施できるため、種基板除去工程の実施時にサファイア基板が割れにくくなる。したがって、サファイア基板をより薄く形成できるため、面発光する半導体発光素子の外部量子効率が向上する。

【0019】

また、本発明の第8の手段は、上記の第7の手段において、半導体結晶成長工

程と種基板除去工程との間に、電極形成工程を設けることである。

即ち、面発光する半導体発光素子の正電極や負電極は、種基板除去工程の前に形成しても、後から形成しても良い。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の第 9 の手段は、上記の第 7 又は第 8 の手段において、不純物が添加されているか又は無添加の、主成分が「 $\text{Al}_x \text{Ga}_y \text{In}_{1-x-y} \text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x + y \leq 1$)」である III 族窒化物系化合物半導体より、上記の半導体層を形成することである。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の第 1 0 の手段は、サファイア基板上に半導体を結晶成長により積層することにより形成される、面発光する半導体発光素子において、上記の第 7 乃至第 9 の何れか 1 つの手段を用いて、サファイア基板の裏面（光り取り出し面）を、種基板のサファイア成長面に設けられた凹凸の形状を鋳型とした逆形状に形成することである。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の第 1 1 の手段は、半導体の結晶成長基板として可用なサファイア基板において、上記の第 1 乃至第 6 の何れか 1 つの手段により、サファイア基板の裏面を、種基板のサファイア成長面に設けられた凹凸の形状を鋳型とした逆形状に形成することである。

【 0 0 2 3 】

尚、上記の半導体発光素子の半導体材料は、特段狭く限定されるものではないが、例えば、半導体発光素子を III 族窒化物半導体で構成した場合には、形成する各半導体層は、少なくとも $\text{Al}_x \text{Ga}_y \text{In}_{1-x-y} \text{N}$ ($0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x + y \leq 1$) にて表される 2 元系、3 元系若しくは 4 元系の半導体から成る III 族窒化物系化合物半導体等で形成することができる。また、これらの II 族元素の一部は、ホウ素 (B)、タリウム (Tl) 等で置き換えても良く、また、窒素 (N) の一部をリン (P)、砒素 (As)、アンチモン (Sb)、ビスマス (Bi) 等で置き換えても良い。

【 0 0 2 4 】

更に、これらの半導体を用いて n 型の III 族窒化物系化合物半導体層を形成する場合には、n 型不純物として、Si, Ge, Se, Te, C 等を添加することができる。また、p 型不純物としては、Zn, Mg, Be, Ca, Sr, Ba 等を添加することができる。

【0025】

また、これらの半導体層を結晶成長させる方法としては、分子線気相成長法 (MBE)、有機金属気相成長法 (MOCVD)、ハライド気相成長法 (HDVPE)、液相成長法等が有効である。

【0026】

また、光反射性の金属膜は、光の反射効率を高めるために Al, In, Cu, Ag, Pt, Ir, Pd, Rh, W, Mo, Ti, Ni 又はこれらを 1 種類以上含んだ合金を用いることができる。

以上の本発明の手段により、前記の課題を効果的、或いは合理的に解決することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。ただし、本発明は以下に示す実施例に限定されるものではない。

〔実施例〕

本実施例では、エッチングが容易な基板上に形成 (結晶成長) されたサファイア 101 の上に窒化物系の化合物半導体を形成する手順を示す。図 1 は、結晶成長基板の下面 (主面 1) が所望の形状に加工された半導体発光素子 100 の斜視図及び平面図である。この半導体発光素子 100 はフリップチップ型の面発光の LED の主要部分を構成するものである。サファイア 101 の光り取り出し面 (主面 1) には、略半球上の凸部 101a が周期的に 2 次元配置されている。その反対側の面は、半導体結晶 (半導体層 A) の結晶成長面となっており、その結晶成長面の上に複層の半導体層 A が成長している。

【0028】

以下、この下面 (主面 1) の形状加工の加工方法を中心に説明する。

エッチングが容易な基板としては、例えば、シリコン（Si）基板や、ガリウム砒素（GaAs）基板等を使用することができる。例えばシリコン（Si）基板を用いる場合には、（100）面や（110）面を結晶成長面として使用すれば良い。

【0029】

シリコン基板200の結晶成長面（（100）面、又は（110）面）には、サファイア101を成長させる前に、上記の所望の形状を実現するための準備工程として、以下のエッチング処理を実施しておく。

【0030】

即ち、例えば、図1に例示する様に、所望の素子サイズ（例：100 μ m四方）を基調として、適当な曲率半径を有する窪み（凹部200a）を周期的に形成しておく。最終的にこのシリコン基板200は鋳型の作用を奏するので、このような準備工程により、サファイア中間層の光取り出し面（図1の主面1）には、所望の素子サイズ単位に多数の凸レンズ（マイクロレンズ101a）をアレイ配置して形成することができる。

【0031】

この加工されたシリコン基板（種基板200）を用いて、シリコン基板200上にサファイア（ Al_2O_3 ）101をエピタキシャル成長させる。この成長方法は任意で良い。

図2に、サファイア（ Al_2O_3 ）101をエピタキシャル成長させる手順（製造工程）を例示する。

例えば、クラスティオンビーム蒸着成長法で成長温度約350℃でサファイア（ Al_2O_3 ）101をエピタキシャル成長させた場合、 γ 相の Al_2O_3 層が形成されるが、これを1000℃以上の高温にさらすことにより、この γ 相の Al_2O_3 層は、その後 α 相の Al_2O_3 層に相転移する。

【0032】

以上の工程で得られた α 相の Al_2O_3 基板（サファイア101）の上に、公知或いは任意のエピタキシャル成長法により、公知或いは任意の形態の半導体発光素子（即ち、例えばフリップチップ型の面発光の半導体発光素子等）を形成す

ることができる。

【0033】

サファイア基板（即ち、 α 相の Al_2O_3 基板）の上に半導体発光素子を形成する公知の形態としては、例えば、公開特許公報「特開2000-036619：III族窒化物系化合物半導体発光素子」や、「特開2000-183400：III族窒化物系化合物半導体発光素子」や、「特開平11-220168：窒化ガリウム系化合物半導体素子及びその製造方法」や、「特開平11-220171：窒化ガリウム系化合物半導体素子」等に記載されているものなどが、一般にも広く知られている。

【0034】

より具体的には、上記の半導体層Aは例えば、サファイア基板の上に、AlNバッファ層、n型のGa_{0.9}N層、発光層、p型のAlGa_{0.1}N層、p型のGa_{0.9}N層等を順次結晶成長により積層することで得ることができる。発光層は、MQW構造のものでもSQW構造のものでも良い。上記の複層の半導体層Aは、任意の結晶成長法を用いて、公知或いは任意の構造に積層することができる。また、電極の形成形態に付いても同様に、公知或いは任意の構造に形成することができる。

【0035】

即ち、上記の工程で得られた α 相の Al_2O_3 基板（サファイア中間層）101の上には、例えばこれらの公知の、或いは任意の構造を有する半導体発光素子を形成することができる。ただし、フリップチップ型の面発光の半導体発光素子を形成する。

また、上記の工程で得られた α 相の Al_2O_3 基板（サファイア中間層）101の上に形成するこれらの半導体発光素子は、LEDでも半導体レーザでも良い。

【0036】

プロセスまでの全工程が終了した後、結晶成長の最初の種となったシリコン基板だけを除去する種基板除去工程を実施する。図3にこの種基板除去工程の概要を例示する。この種基板除去工程のシリコン基板の除去方法は任意で良いが、窒化物半導体や電極などが殆ど侵食されないエッチング方法（Si選択エッチング

）を採用する。或いは、また、結晶成長面における熱膨張係数の差異に基づく応力を利用して、上記の種基板 2 0 0 を剥離させることにより除去しても良い。

以上の工程により、サファイア基板 1 0 1 の裏面（光取り出し面）が所望の形状に形成された半導体発光素子を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

例えば、この様な手順により、光取り出し面（図 1 の主面 1）から放出される光（面発光する光）の集光性や指向性を向上させることができると共に、半導体発光素子の外部量子効率を向上させることができる。

【 0 0 3 8 】

〔変形例〕

本発明は、上記実施例に限定されるものではなく他に様々な変形が考えられる。例えば、III族窒化物系化合物半導体として、Ga N 系の半導体層を用いたが、勿論 $Ga_x In_{1-x} N$ （例： $Ga_{0.08} In_{0.92} N$ ）等から成る層、その他、任意の混晶比の 3 元乃至 4 元系の $AlGaInN$ としても良い。より具体的には、 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ （ $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ， $0 \leq x + y \leq 1$ ）」成る一般式で表される 3 元（ $GaInN$ ， $AlInN$ ， $AlGaInN$ ）或いは 4 元（ $AlGaInN$ ）の III 族窒化物系化合物半導体等を用いることもできる。また、それらの化合物の窒素（N）の一部を P、As 等の V 族元素で置換しても良い。

【 0 0 3 9 】

例えば、サファイア基板上に III 族窒化物系化合物半導体積層する際、結晶性良く形成させるため、サファイア基板との格子不整合を是正すべくバッファ層を形成することが好ましい。他の基板を使用する場合もバッファ層を設けることが望ましい。バッファ層としては、低温で形成させた III 族窒化物系化合物半導体 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ （ $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ， $0 \leq x + y \leq 1$ ）、より好ましくは $Al_x Ga_{1-x} N$ （ $0 \leq x \leq 1$ ）が用いられる。

【 0 0 4 0 】

このバッファ層は単層でも良く、組成等の異なる多重層としても良い。バッファ層の形成方法は、300～500℃の低温で形成するものでも良く、或いは、

1000～1100℃の範囲でMOCVD法で形成しても良い。

【0041】

また、DCマグネトロンスパッタ装置を用いて、高純度金属アルミニウムと窒素ガスを原材料として、リアクティブスパッタリング法により $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$ 、組成比は任意)のバッファ層を形成することができる。更には蒸着法、イオンプレーティング法、レーザアブレーション法、ECR法を用いることができる。物理蒸着法によるバッファ層は、200～600℃で行うのが望ましい。

【0042】

更に、望ましくは300～600℃であり、さらに望ましくは350～450℃である。これらのスパッタリング法等の物理蒸着法を用いた場合には、バッファ層の厚さは、100～3000Åが望ましい。さらに望ましくは、100～400Åが望ましく、最も望ましくは、100～300Åである。多重層としては、例えば $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$) から成る層とGa₂N層とを交互に形成するなどの方法がある。

【0043】

勿論、これらを組み合わせても良く、多重層は3種以上のIII族窒化物系化合物半導体 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$) を積層しても良い。一般的にはバッファ層は非晶質であり、その上のIII族窒化物系化合物半導体層は単結晶である。バッファ層とこの単結晶のIII族窒化物系化合物半導体層を1周期として複数周期形成しても良く、繰り返しは任意周期で良い。

また、低温バッファ層の上に高温バッファ層を形成して、その上に本体のIII族窒化物系化合物半導体を形成しても良い。

【0044】

バッファ層及び上層のIII族窒化物系化合物半導体層は、III族元素の組成の一部は、ホウ素(B)、タリウム(Tl)で置き換えても、また、窒素(N)の組成一部をリン(P)、ヒ素(As)、アンチモン(Sb)、ビスマス(Bi)

等で置き換えても本発明を実質的に適用できる。また、これら元素を組成に表示できない程度のドーピングをしたものでも良い。

【0045】

例えば組成にインジウム (In)、ヒ素 (As) を有しない III族窒化物系化合物半導体である $Al_x Ga_{1-x} N$ ($0 \leq x \leq 1$) に、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga) よりも原子半径の大きなインジウム (In)、又は窒素 (N) よりも原子半径の大きなヒ素 (As) をドーピングすることで、窒素原子の抜けによる結晶の拡張歪みを圧縮歪みで補償し結晶性を良くしても良い。この場合はアクセプタ不純物が III族原子の位置に容易に入るため、p型結晶をアズグローンで得ることもできる。

【0046】

バッファ層と III族窒化物系化合物半導体層とが2周期以上で形成されている場合、各 III族窒化物系化合物半導体層に主たる構成元素よりも原子半径の大きな元素をドーピングすると更に良い。なお、発光素子として構成する場合は、本来、III族窒化物系化合物半導体の2元系、若しくは3元系を用いることが望ましい。

【0047】

n型の III族窒化物系化合物半導体層を形成する場合には、n型不純物として、Si, Ge, Se, Te, C等IV族元素又はVI族元素を添加することができる。また、p型不純物としては、Zn, Mg, Be, Ca, Sr, Ba等II族元素又はIV族元素を添加することができる。これらを複数或いはn型不純物とp型不純物を同一層にドーピングしても良い。

【0048】

ホウ素を注入したMgドーピングのGaN系半導体は、 $5.5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ のホール濃度から、1100℃で60秒の処理により、 $8.1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ のホール濃度に変化する。ホウ素の注入によりマグネシウムの活性化エネルギーは170 mVに低下する。これは、ホウ素がマグネシウムと水素の結合を解き、水素と結合するためと考えられる。よって、p型層を得るためには、マグネシウムなどのアクセプタ不純物の他に、ホウ素が同時に注入されているのが望ましい。

【 0 0 4 9 】

各層の構成は、横方向エピタキシャル成長を用いて III 族窒化物系化合物半導体層の転位を減じることにも任意である。この際、マスクを用いるもの、段差を形成して、凹部の上に横方向成長層を形成するマスクを用いない方法が採用できる。段差を用いる方法は、基板にスポットやストライプ状の凹部を形成し、この上に III 族窒化物系化合物半導体を成長させて、凹部の上に横方向成長させる方法を採用することができる。

【 0 0 5 0 】

また、横方向成長層とその下の層や基板との間に空隙があっても良い。空隙がある場合には、応力歪みが入ることが防止されるので、より結晶性を向上させることができる。横方向成長させる条件は、温度を高くする方法、III 族元素ガスの供給量を増加させること、マグネシウム (Mg) を添加する方法がある。

【 0 0 5 1 】

III 族窒化物系化合物半導体層を形成する方法としては、有機金属気相成長法 (MOCVD / MOVPE) が好ましいが、その他にも例えば、分子線気相成長法 (MBE)、ハライド気相成長法 (Halide VPE)、液相成長法 (LPE) 等を用いても良く、各層を各々異なる成長方法で形成しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

結晶成長基板の下面 (主面 1) が任意形状に加工された半導体発光素子 1 0 0 の斜視図及び平面図。

【図 2】

半導体発光素子 1 0 0 の製造工程を例示する状態遷移図 (前半)。

【図 3】

半導体発光素子 1 0 0 の製造工程を例示する状態遷移図 (後半)。

【符号の説明】

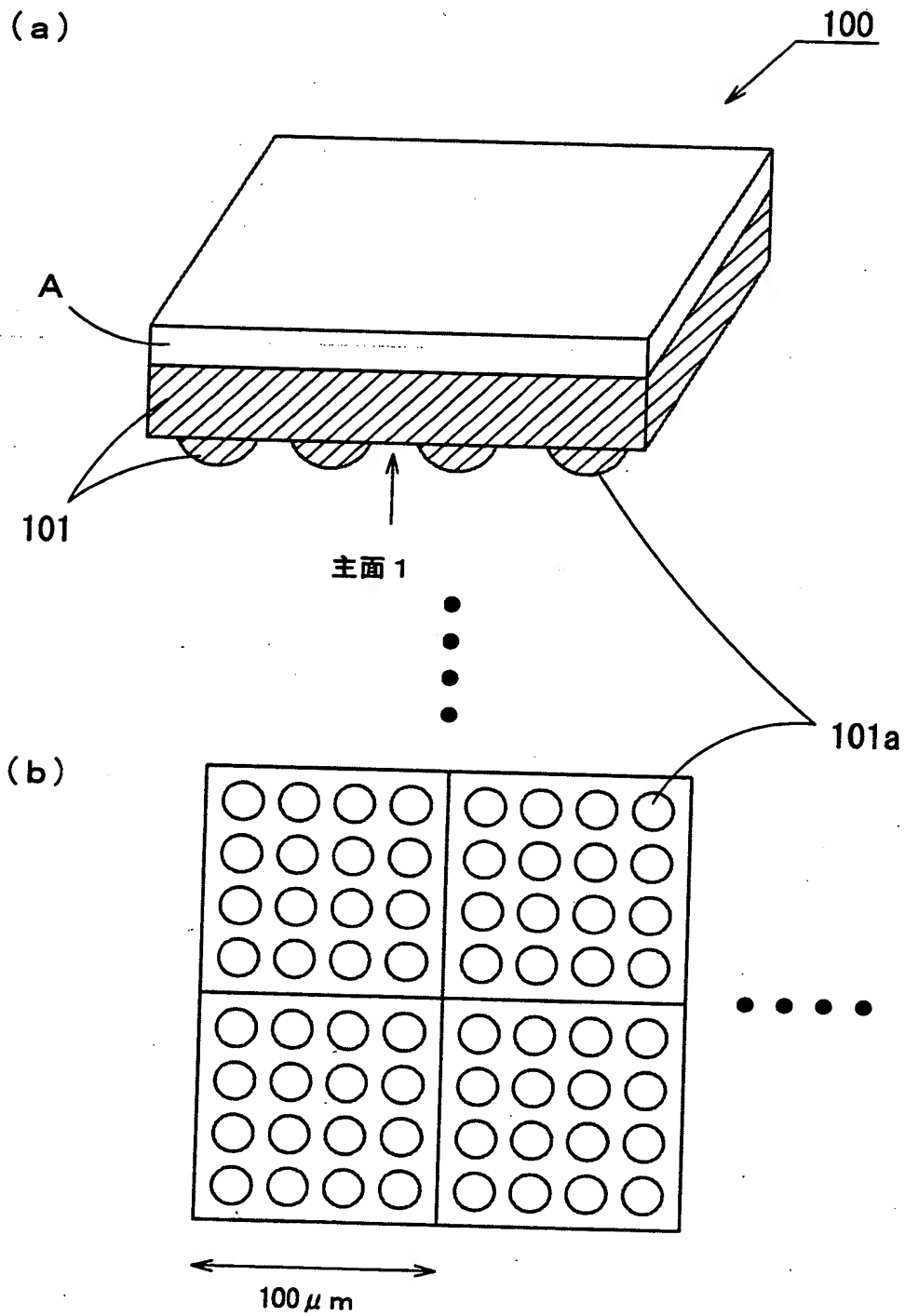
- 1 0 0 … 半導体発光素子
- 1 0 1 … サファイア (Al_2O_3)
- 1 0 1 a … 凸部 (マイクロレンズ)

- 1 ... 主面（光り取り出し面）
- 2 0 0 ... 種基板
- 2 0 0 a ... 凹部
- A ... 複層の半導体層

【書類名】

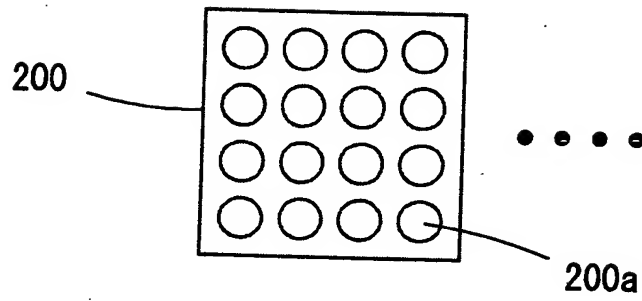
図面

【図 1】

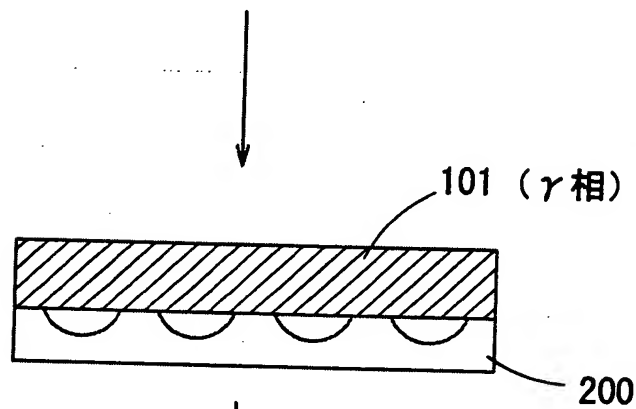


【図 2】

(a)

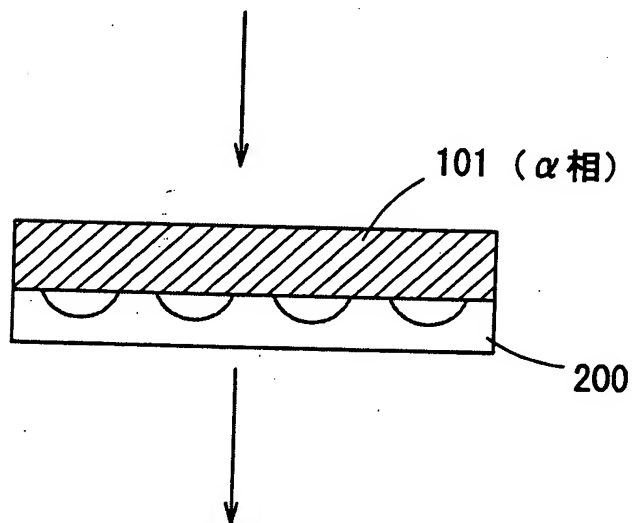


(b)

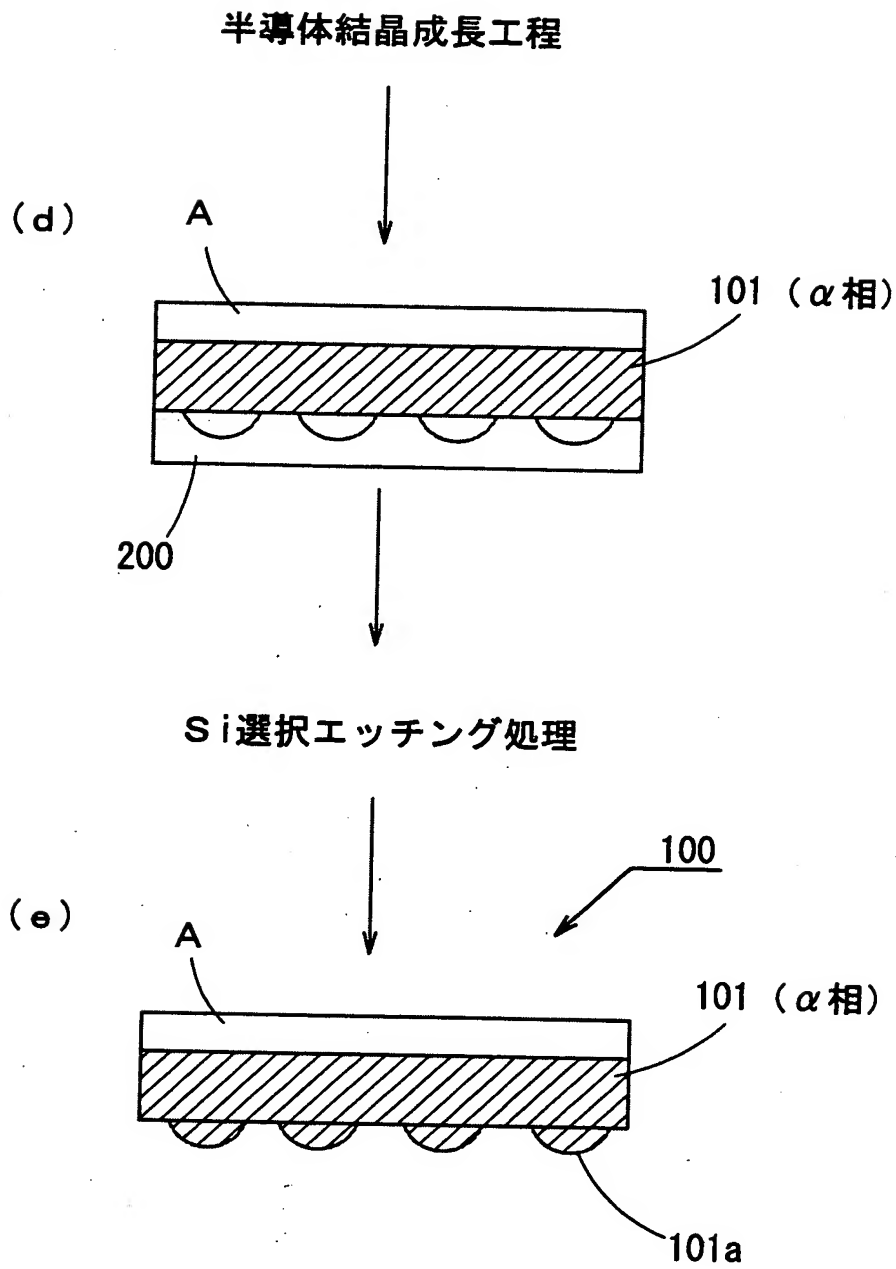


(熱処理: 1000度以上)

(c)



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 サファイア基板の裏面形状に関する新しい成形技術により、半導体発光素子の外部量子効率や集光性や指向性等を向上させる。

【解決手段】 Si の種基板 200 上に、クラスティオンビーム蒸着成長法で成長温度約 350℃ でサファイア 101 をエピタキシャル成長させた場合、 γ 相の Al_2O_3 層が形成されるが、これを 1000℃ 以上の高温にさらすと、この γ 相の Al_2O_3 層はその後 α 相の Al_2O_3 層に相転移する。この α 相のサファイア 101 の上に、公知或いは任意の半導体発光素子を形成することができる。その後 Si の種基板 200 をエッチング処理により選択的に除去すれば、サファイアの光取り出し面が所望の形状に形成された半導体発光素子が得られる。この結果、半導体発光素子から出力される光の集光性や指向性を向上させることができると共に、半導体発光素子の外部量子効率を向上させることができる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000241463]

1. 変更年月日 1990年 8月 9日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地
氏 名 豊田合成株式会社